

魚体長組成推定における標本抽出についての統計的一検討

安 達 二 朗

(島根県水産試験場)

Statistical Examination in Study of Fish Size Composition

Jiro ADACHI

(Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station)

Abstract

In the study on fish size compositions of mackerel and sardine in the Japan Sea, a two steps sampling method is adopted. That is, first step is the random sampling of fishing boat and the second one is the random sampling of individuals from the catch of sample boat.

When there are more than two schools being different in size composition, it is desirable to sample materials from each school. The present study is a examination on this point, especially concerned the sample number of fishing boats, in the case of purse sein fishery setting their base port at Hamada in Shimane Prefecture.

The results obtained are as follows.

1. From the statistical analysis of size composition of catch, more than two groups are recognized in the catch.
2. No significant difference is recognized among surveyors on the measurement.
3. For the sake of elevation of the sampling accuracy it is desirable to sample more than five boats out of eight based Hamada.

資源研究のデータ収集には、1950年代から標本調査の理論が導入（たとえば東海区水研、1953）され、今日の沿岸重要漁業資源調査、200カイリ水域内漁業資源調査などに引き継がれている。これらの調査は主に体長組成の推定を目的とし、標本抽出は多くの場合、入港船・魚体の単純2段階ランダムサンプリングである*。日本海区における浮魚類調査については入港船の抽出は調査日における有漁船から2隻以上と規定されている（日水研、1979）が、この規定が漁船間における体長組成の変動をおさえることを目的としているのであるならば、推定の精度をより高めるためには入港船からの抽出数を決めておく必要がある。というのは、入港船の漁獲物が同一銘柄であっても、市場での銘柄は体長範囲が広いから、体長組成に差がないとは限らないからである。ここでは島根県浜田港における調査にもとづき、標本魚体と標本船の抽出について検討したので報告する。

* 以西底魚資源調査では、標本船と魚箱の2段階系統抽出、魚箱から魚体のランダム抽出という方法がとられた。

1. 資料と方法

資料として1979年5月10日～11日に浜田港で実施した和船巾着網漁船の漁獲物の体長測定記録を用いた。浜田港を基地とする巾着船は8統あり、夕方出港し、1夜に1～2回の投網を行ない、翌朝帰港する操業様式をとっている。

標本抽出は5月10日には入港船8統のうちからランダムに4統を抽出した後、各漁船から測定者4人が漁獲マサバ約100尾づつを2回ランダムサンプリングし、体長測定を行なった。5月11日は同様に漁船5統を選び、測定者2人が漁獲物からマイワシ約100尾を1～2回抽出し、体長測定を行なった。総測定尾数はマサバが32標本、3,214尾、マイワシが15標本、1,497尾である。

体長測定部位はマサバは尾叉長、マイワシは標準体長（被鱗体長、肉長）であるが、マサバでは測定者1人が標準体長を測定した。こうして得られた測定資料により分散分析を行ない、平均体長の漁船間における差、および測定者間における差の有意性の有無を検定した。

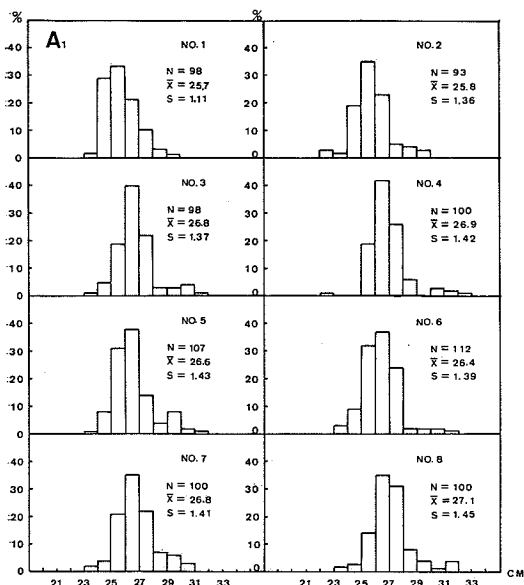


Fig. 1-1. Body length composition of mackerel landed by sample boat A₁
 No. 1~3; Standard length
 No. 3~8; Fork length

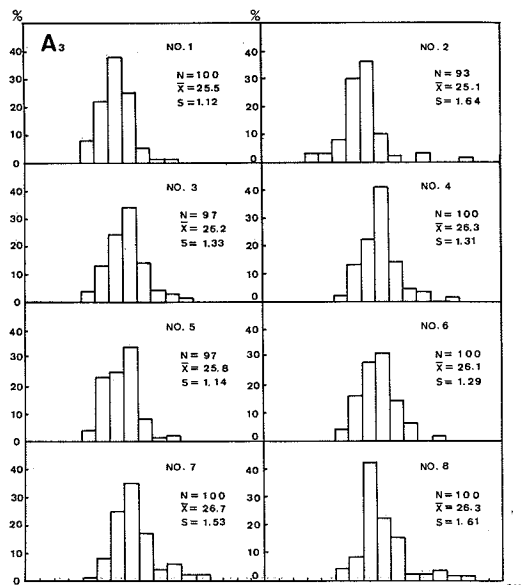


Fig. 1-3. Body length composition of mackerel landed by sample boat A₃
 No. 1~2; Standard length
 No. 3~8; Fork length

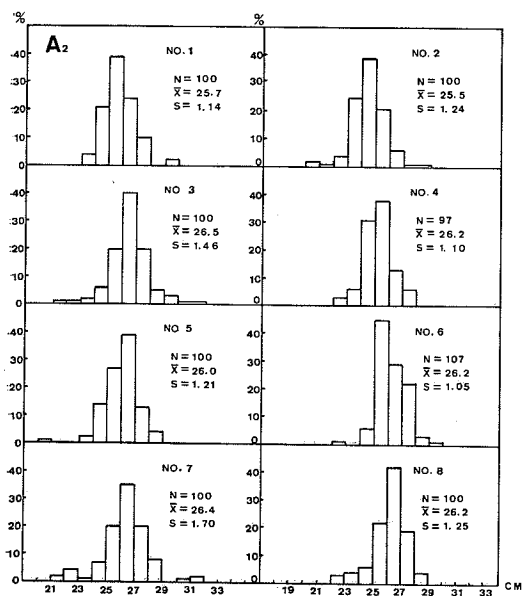


Fig. 1-2. Body length composition of mackerel landed by sample boat A₂
 No. 1~2; Standard length
 No. 3~8; Fork length

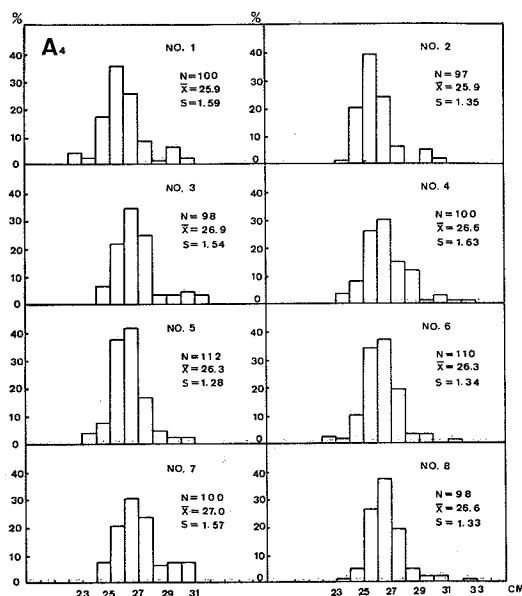


Fig. 1-4. Body length composition of mackerel landed by sample boat A₄
 No. 1~2; Standard length
 No. 3~8; Fork length

2. 結果と考察

2-1. 標本魚体の検討

4 統の漁船から抽出したマサバの体長組成を Fig. 1-1 から Fig. 1-4 に示した。No. 1, 2 は測定者 B₁, No. 3, 4 は測定者 B₂, No. 5, 6 は測定者 B₃, No. 7, 8 は測定者 B₄ による測定結果である。B₁ だけは標準体長を測定した。各図により測定結果を見ると、標準体長では分布のモードが 25.0~26.0 cm にあり、尾叉長ではモードが 26.0~27.0 cm にあるものが多い。各図中に測定数 N, 平均値 \bar{x} , 標準偏差 s を示してあるが、いずれも正規分布に近似し、モードの位置は平均値に近い。測定結果の平均値を一括して示したのが Table 1 である。

この表から漁船と測定者による平均体長の差を検定するのであるが、データの構造が漁船は変量模型、測定者は母数模型と考えて、検定方法は Table 2 に示したような二元配置の分散分析によった。変動の要因は漁船、測定者、測定を 2 回繰返したことによる交互作用、および誤差となる。検定の結果は漁船間の分散比が 32.376 で有意であった。測定者間の分散比は 97.413 できわめて有意であるが、測定部位に差異があったので当然であろう。交互作用は有意ではない。したがってマサバの漁獲物には漁船間で平均体長に差があり、測定者間には測

Table 1. Mean-body lengths of mackerel from 4 sample boats (From Figs. 1-1~4)

Boat	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	\bar{x}
	Surveyor				
B ₁	25.74 25.79	25.73 25.46	25.54 25.12	25.95 25.95	25.65
B ₂	26.77 26.93	26.51 26.22	26.22 26.32	26.87 26.64	26.53
B ₃	26.59 26.39	26.04 26.22	25.81 26.08	26.30 26.26	26.20
B ₄	26.81 27.12	26.37 26.19	26.67 26.28	27.00 26.60	26.62
\bar{x}	26.51	26.09	25.99	26.42	

Table 2. Test of differences between mean-body lengths by analysis of variance

Source of variance	Degree of freedom	Sum of squares	Mean squares	Rate of variance
Boat	3	153.271	51.090	32.376*
Surveyor	3	461.155	153.718	97.413*
Two factor interaction	9	27.134	3.015	1.911
Error	3,198	5046.444	1.578	
Total	3,213	5,688.004		

* significant at 1%

定の偏りがあることが示される。

次に、どれとどの漁船間に、またどの測定者間に差があるのかを検出するため、最小有意差を用いて比較したのが Table 3 である。この表によると、漁船 A₁, A₄ の漁獲物と A₂, A₃ の漁獲物との間には平均体長に有意差が見られ、両者のマサバは異なった魚群からのものであると考えられる。また測定者については B₄・B₂・B₃ の間には差がなく、この三者と B₁ との間に差のあることが示されている。これは測定者 B₁ が標準体長を、他が尾叉長を測定したため、その差を検出したもので、B₄・B₂・B₃ の間に有意差が認められないのは測定者間に固有の偏りのないことを示していると考えられる。

しかし、これだけでは測定者 B₁ が B₂・B₃・B₄ と同じ部位を測定した場合、個人差は認められないであろうという推論は成立しないので次のような検討を加えた。すなわち、測定者 B₄ が 1980 年 10 月 2 日に浜田港へ水揚げされたマサバ 48 尾 (尾叉長範囲, 21.0~31.7 cm) につ

Table 3. Comparison of mean-body lengths of mackerel by the least significance difference method

Boat	A ₁ (26.51)	A ₄ (26.42)	A ₂ (26.09)	A ₃ (25.99)	l. s. d. (0.01) =0.323
Surveyor	B ₄ (26.62)	B ₂ (26.53)	B ₃ (26.20)	B ₁ (25.65)	l. s. d. (0.01) =0.323

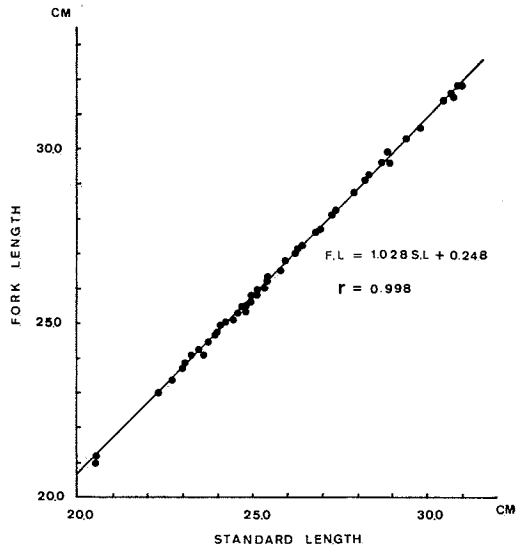


Fig. 2. Relation between fork length and standard length of mackerel

いて計測した結果からマサバの尾叉長と標準体長の関係を

$$F.L = 1.028 S.L + 0.248$$

の直線式で示した (Fig. 2)。この式に Table 3 の B_1 の測定値を代入して尾叉長を計算すると、26.61 cm が

得られる。この推定値は $B_3 \sim B_4$ の測定値の中に含まれる。したがって測定者 B_1 と $B_2 \cdot B_3 \cdot B_4$ の間には測定個人誤差がないと判断される。

次に5統の漁船から抽出したマイワシの体長組成を Fig. 3 に示した。上述の結果から測定者間に偏りのないことが判明したので漁船間の差のみについて検討した。標本は漁船 A_1 から1, A_2 から2, $A_3 \sim A_5$ から各4, 合計15標本を抽出した。マイワシの調査では体長組成の階級間隔は、0.5 cm と規定されているが、ここでは体長範囲が広く、分布の型も明瞭な単峯型であったからマサバと同様に階級間隔は 1.0 cm として扱った。これらの図によると、漁船 A_1 から抽出した標本のばらつきが大きく、漁船 A_5 から抽出した4標本の平均が、他に比較して、やや小さいことが特長として現われている。しかし、この程度の魚体の相違は浜田港においては同一銘柄として扱われているのが実態である。

Table 4 にマイワシ体長の標本平均値を示した。5統の漁船の漁獲したマイワシの平均体長に差があるかどうかを検討したのが Table 5 の分散分析表である。危険率 1% で有意な差のあることが推定されるが、どの漁

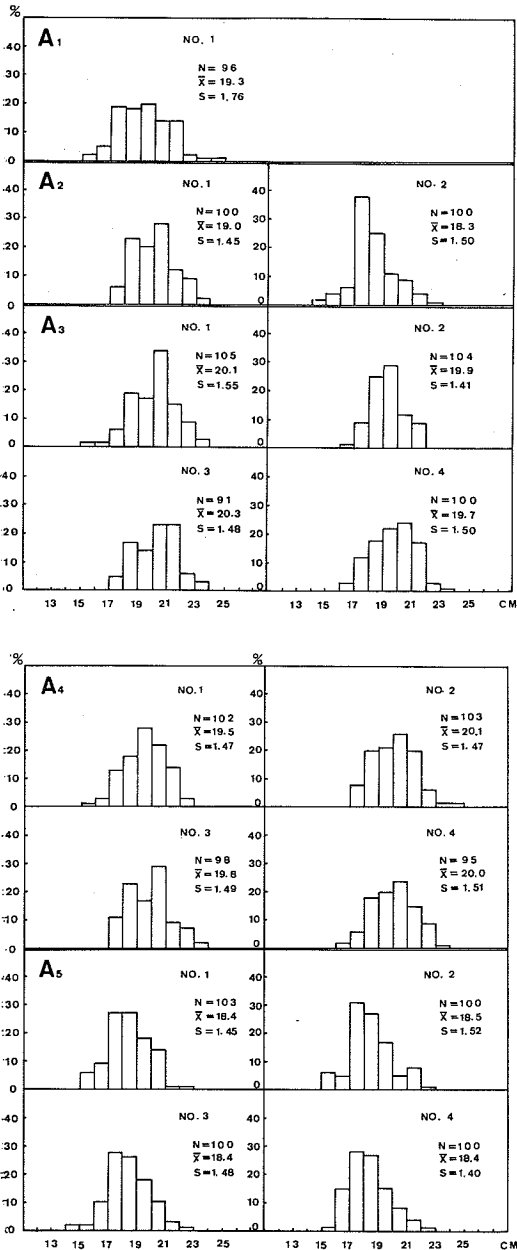


Table 4. Mean-body lengths of sardine from 5 sample boats (From Fig. 3)

Boat	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
\bar{x}_1	19.27	19.02	20.12	19.52	18.41
\bar{x}_2		18.25	19.88	20.05	18.46
\bar{x}_3			20.29	19.82	18.39
\bar{x}_4			19.70	20.02	18.37
\bar{x}	19.27	18.63	20.00	19.85	18.41

Table 5. Test of differences between mean-body lengths of sardine by analysis of variance

Source of variance	Degree of freedom	Sum of squares	Mean squares	Rate of variance
Boat	4	725.092	181.273	88.642*
Error	1,492	3,050.897	2.045	
Total	1,496	3,775.989		

* significant at 1%

Table 6. Comparison of mean body lengths of sardine by the least significance difference method

Boat	A_3 (20.00)	A_4 (19.85)	A_1 (19.27)	A_2 (18.63)	A_5 (18.41)	l.s.d. (0.01)
	= 0.520					

Fig. 3. Body length composition of sardine landed by 5 sample boats $A_1 \sim A_5$

船の間に差があるのかは明らかでないため最小有意差法を用いて各漁船の値を比較すると、Table 6 のように、 A_3 と A_4 , A_1 , A_2 と A_5 の 3 グループに分類される。すなわち、この調査日の浜田沖合には母集団を異にする少なくとも 3 つのマイワシ群が来遊しており、各漁船はその内のどれかの魚群を漁獲してきたものと推定される。

以上の結果から体長組成の変動をおさえるためには、漁船の抽出数をどのように決めるかが重要な問題になる

Table 7. Probability of hypergeometric distribution
 $P_{(r)} = \frac{K C_r \cdot N - K C_{n-r}}{N C_n}$

n	K	L	$P_{(r)}$	$C.P_{(r)}$
2	1	7	$P(1)=0.250$	0.250
	2	6	$P(1)=0.428$	0.428
	3	5	$P(1)=0.535$	0.535
	4	4	$P(1)=0.572$	0.572
3	1	7	$P(1)=0.375$	0.375
	2	6	$P(1)=0.536$ $P(2)=0.107$	0.643
	3	5	$P(1)=0.536$ $P(2)=0.269$	0.805
	4	4	$P(1)=0.429$ $P(2)=0.429$	0.858
4	1	7	$P(1)=0.500$	0.500
	2	6	$P(1)=0.571$ $P(2)=0.214$	0.785
	3	5	$P(1)=0.428$ $P(2)=0.428$ $P(3)=0.072$	0.928
	4	4	$P(1)=0.229$ $P(2)=0.514$ $P(3)=0.229$	0.972
5	1	7	$P(1)=0.625$	0.625
	2	6	$P(1)=0.536$ $P(2)=0.357$	0.893
	3	5	$P(1)=0.268$ $P(2)=0.536$ $P(3)=0.179$	0.983
	4	4	$P(1)=0.071$ $P(2)=0.429$ $P(3)=0.429$ $P(4)=0.071$	1.000
6	1	7	$P(1)=0.750$	0.750
	2	6	$P(1)=0.429$ $P(2)=0.536$	0.965
	3	5	$P(1)=0.107$ $P(2)=0.536$ $P(3)=0.357$	1.000
7	1	7	$P(1)=0.875$	0.875
	2	6	$P(1)=0.250$ $P(2)=0.750$	1.000
8	1	7	$P(1)=1.000$	1.000

ことがわかる。

2-2. 入港船の抽出についての検討

8 統の入港船の漁獲物調査から、地先に来遊した魚群の中に体長に差のある複数の魚群の存在が推定されたが、この魚群の数は調査日によって異なることが予想される。したがって、ここでは 1 統の漁船は一つの魚群を漁獲するとして、普遍的に複数の魚群を取り出すための抽出漁船数について検討した。これは確率の問題である。一般に $N=K+L$ で、 N の中から n ことを抽出した時、その n の中に k が r だけ含まれている確率 $P_{(r)}$ は超幾何分布で表わされ、一般式は $\frac{K C_r \cdot N - K C_{n-r}}{N C_n}$ である。ただし N …入港漁船数、 n …抽出漁船数、 K …魚群 k を漁獲した漁船数、 L …魚群 l を漁獲した漁船数、 r … n の中の魚群 k を漁獲した漁船数である。

Table 7 に $n=2\sim 8$, $K=1\sim 4$ の各々の場合の確率 $P_{(r)}$, また抽出漁船が $2\sim 8$ 統で、そのうち少くとも 1 統以上が k 群を漁獲している累積確率 $C.P_{(r)}$ の計算結果をした。Table 7 から k 群が 1, 1 群が 7 の場合、 k 群を取り出すための確率は抽出漁船 (n) が 2 統の時には 25%, 3 統の時には 37.5%, 4 統の時には 50% になり、以下 n が大きくなるにしたがって確率が大きくなっていくことがわかる。

全船 8 統を抽出するならば、その確率が 100% であることは当然である。同様に k 群が 2, 1 群が 6, あるいはその組み合わせが逆の場合、抽出漁船 2 統の時の k 群か 1 群を取り出す確率は 42.8%, 3 統の時は 64.3%, 4 統の時は 78.5%, 5 統の時は 89.3% となる。また $k=3$ の場合、抽出漁船 2 統の時は 53.5%, 3 統の時は 80.5%, 4 統の時は 92.8%, 5 統の時は 98.3% となる。さらに $k=4, l=4$, すなわち魚群が同数の場合、 $n=2$ の時、57.2%, 以下同様に 85.8%, 97.2%, 5 統で 100% になる。この場合 6 統以上の抽出は必要ない。このように k 群と 1 群の組み合わせによりどちらかの魚群を取り出す確率が変わってくる。したがって体長組成の変動をおさえる目的に対しては、魚群の組み合わせにかかわらずある程度の確率をもって各魚群を一つ以上取り出し得るような漁船の抽出数を決める必要がある。たとえば、漁船の抽出が 4 統の場合、少くとも一つの k 群を取り出す確率は 50% である。しかしこれでは体長組成の変動をおさえる目的に対して、あまりに低すぎ、少くとも 60~70% の確率が必要であろう。

したがって必要な確率を得るためには、Table 7 から漁船 5~6 統を抽出しなければならないことがわかる。

以上は2群が存在する場合について検討したものであるが、前項でのマイワシのように3群が存在する場合、また4群以上の場合においても同じことがいえる。すなわち入港船8統のうち、5統を抽出すれば、その5統の中にそれぞれの魚群が一つ以上取り出されている確率は62.5%になる。以上のことから、浜田港における入港船の抽出数は最少5統であると結論づけられる。

しかし現実には1統の漁船からの魚体標本を大きくすることは容易であっても、抽出漁船の数を増やすことは時間、労力の面から困難なことが多い。もし、抽出漁船数を多くできなければ、調査回数を増やすこと、盛漁期にできるだけ継続した日数で調査すること等により、1日当り抽出漁船数の不足を克服することも可能であろう。

3. 要 約

浜田港の和船巾着網漁船を対象として、標本漁船および標本漁船の抽出について検討した。得られた結果は次のように要約される。

1) 同一調査日におけるサバおよびマイワシの漁獲物が、複数の魚群からのもので構成されていたことが推定された。このことは、体長組成の変動をおさえる目

的の調査に対して漁船の抽出数の決定という問題を提起している。

2) 測定者による魚体測定の違いは認められなかった。したがって体長測定にあたっては、測定部位が同じであれば測定者による偏りという問題はないと考えられる。

3) 浜田港に水揚げされる漁獲物は複数の魚群からのもので構成されていると推定されるから、正確な体長組成を求めるためには各群から標本を抽出すべきであり、そのためには8漁船中から少くとも5漁船の抽出が必要である。

終りに、ご指導いただいた島根県水産試験場長児島俊平博士、海洋科長山崎繁氏、体長測定にご協力いただいた当场研究員、松山康明、由木雄一、藤川裕司の各氏、また資料の整理にご協力いただいた谷野一江氏に心から感謝する。

参 考 文 献

- 東海区水研(1953) 東海・東北海区鯷資源調査資料、昭和26年、B. 280 pp.
 日本海区水研(1979) 日本海区沿岸重要漁業資源・底魚資源委託調査要綱 2 pp.